



FAKULTAS  
ILMU  
KOMPUTER



# BUNGA RAMPAI PENELITIAN DI INDONESIA

Wisnu Jatmiko | Ilmu Komputer UI  
Agus Buono | Ilmu Komputer IPB  
Ayu Purwarianti | Informatika ITB  
Oslan Jumadi | Biologi UNM  
Anom Bowolaksono | Biologi UI  
Arie Afriansyah, Anbar Jayadi | Hukum UI  
Hary Wahyudi | Ilmu Sosial UNAIR



978-979-456-713-5



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>1</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>5</b>
<b>MENGENAL SOSOK DAN POTRET MOJOKUTO, SEBUAH KOTA DI JAWA (KNOWING THE FIGURE AND PORTRAIT OF MOJOKUTO, A CITY IN JAVA)</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
1. PENDAHULUAN.....	9
2. LANDASAN TEORI.....	10
3. DATA DAN METODOLOGI.....	12
4. HASIL PEMBAHASAN.....	12
<i>Biografi Clifford Geertz</i> .....	12
<i>Pemikir Sekitar Geertz</i> .....	13
<i>Metode Kerja Penelitian Geertz</i> .....	15
<i>Karya Geertz</i> .....	15
<i>Sosok M. Kholidi Oen</i> .....	18
5. KESIMPULAN.....	19
<b>DAFTAR RUJUKAN</b> .....	<b>20</b>
<b>PROFIL PENULIS</b> .....	<b>21</b>
<b>PENEMPATAN KEMBALI PENGUNGSI: SEBUAH TELAAH HUKUM INDONESIA (REFUGEES RESETTLEMENT: A REVIEW OF INDONESIAN LAWS)</b> .....	<b>23</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>23</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>23</b>
1. PENDAHULUAN.....	24
2. LANDASAN TEORI.....	25
3. DATA DAN METODOLOGI.....	26
4. HASIL PEMBAHASAN.....	27
<i>Ketentuan Hukum terkait Pengungsi</i> .....	27
<i>Pengungsi dalam Realita</i> .....	29
<i>Usulan Perumusan Kebijakan Nasional terkait Pengungsi</i> .....	32
5. KESIMPULAN.....	32
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>33</b>
<b>DAFTAR RUJUKAN</b> .....	<b>33</b>
<b>PROFIL PENULIS</b> .....	<b>35</b>
<b>PENERAPAN BAHAN PENGHAMBAT NITRIFIKASI UNTUK MENGURANGI EMISI GAS NITROS OXIDA DAN PENINGKATAN PERTUMBUHAN TANAMAN (THE APPLICATION OF NITRIFICATION INHIBITORS TO REDUCE GAS EMISSION OF NITROUS OXIDE AND ENHANCEMENT OF CROP GROWTH)</b> .....	<b>37</b>

ABSTRAK.....	37
ABSTRACT.....	37
1. PENDAHULUAN.....	38
2. LANDASAN TEORI.....	39
3. DATA DAN METODOLOGI.....	42
4. HASIL PEMBAHASAN.....	45
5. KESIMPULAN.....	46
UCAPAN TERIMA KASIH.....	46
DAFTAR RUJUKAN.....	46
PROFIL PENULIS.....	50

<b>SINERGI BIOLOGI MOLEKULAR DAN PENGEMBANGAN ALGORITMA UNTUK IDENTIFIKASI OOSIT DAN EMBRIO DALAM MENINGKATKAN KEBERHASILAN BAYI TABUNG (SYNERGY OF MOLECULAR BIOLOGY AND ALGORITHM DEVELOPMENT TO OOCYTE AND EMBRYO IDENTIFICATION FOR IMPROVING IN VITRO FERTILIZATION)</b> .....	<b>51</b>
---	-----------

ABSTRAK.....	51
ABSTRACT.....	51
1. PENDAHULUAN.....	52
2. LANDASAN TEORI.....	53
<i>Metode Scoring Embrio</i> .....	53
<i>Pendekatan Biologi Molekular dan Ilmu Komputer</i> .....	55
3. DATA DAN METODOLOGI.....	56
<i>Biologi Molekular Untuk Meningkatkan Keberhasilan Reproduksi</i> .....	56
<i>Pengembangan Algoritma Penilaian Kualitas Oosit Dan Embrio</i> .....	57
<i>Tantangan Dalam Meningkatkan Keberhasilan Bayi Tabung</i> .....	60
4. KESIMPULAN.....	61
UCAPAN TERIMA KASIH.....	61
DAFTAR RUJUKAN.....	61
PROFIL PENULIS.....	62

<b>TEKNOLOGI PEMROSESAN BAHASA ALAMI UNTUK MEMBANTU PENYELESAIAN PERSOALAN DI INDONESIA (NATURAL LANGUAGE PROCESSING TECHNOLOGY TO HELP SOLVING PROBLEMS IN INDONESIA)</b> .....	<b>65</b>
--	-----------

ABSTRAK.....	65
ABSTRACT.....	66
1. PENDAHULUAN.....	66
2. LANDASAN TEORI.....	68
<i>Sistem Ekstraksi Informasi Keluhan Masyarakat</i> .....	68
<i>Sub Sistem Klasifikasi Dinas (Laksana &amp; Purwaranti, 2014)</i> .....	69
<i>Sub Sistem Ekstraksi Informasi Detail Keluhan (Aggarenska &amp; Purwaranti, 2014)</i> .....	70
<i>Sub Sistem Deteksi Topik Keluhan (Pratama &amp; Purwaranti, 2017)</i> .....	72
3. DATA DAN METODOLOGI.....	74
4. HASIL PEMBAHASAN.....	75
5. KESIMPULAN.....	77
UCAPAN TERIMA KASIH.....	77
DAFTAR RUJUKAN.....	78



PROFIL PENULIS .....	80
<b>PENODELAN SUPPORT VECTOR REGRESSION DALAM ANALISIS RESIKO KEKERINGAN LAHAN SAWAH: STUDI KASUS DI INDRAMAYU (SUPPORT VECTOR REGRESSION MODEL FOR DROUGHT RISK ANALYSIS IN RICE FIELDS: A CASE STUDY IN INDRAMAYU)</b> .....	81
ABSTRAK .....	81
ABSTRACT .....	81
1. PENDAHULUAN .....	82
2. LANDASAN TEORI .....	83
<i>Support Vector Regression</i> .....	83
<i>Persamaan Regresi Sederhana</i> .....	87
<i>Distribusi Gamma</i> .....	88
3. DATA DAN METODOLOGI .....	89
<i>Data</i> .....	89
<i>Metodologi</i> .....	90
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	92
5. KESIMPULAN .....	94
UCAPAN TERIMA KASIH .....	95
DAFTAR PUSTAKA .....	95
PROFIL PENULIS .....	96
<b>PENGEMBANGAN MOBILE ROBOT UNTUK PEMETAAN DAN PEMANTAUAN KONDISI TANAMAN DI AREA PERKEBUNAN UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PRODUKSI KOMODITAS PERTANIAN DENGAN STUDI KASUS POHON KELAPA SAWIT (MOBILE ROBOT DEVELOPMENT FOR MAPPING AND MONITORING PLANT CONDITION IN PLANTATION AREA TO INCREASE EFFICIENCY OF PRODUCTION OF AGRICULTURE COMMODITIES WITH CASE STUDY OF PALM OIL)</b> .....	97
ABSTRAK .....	97
ABSTRACT .....	97
1. PENDAHULUAN .....	98
2. LANDASAN TEORI .....	100
<i>SLAM</i> .....	100
<i>Informasi Semantik</i> .....	102
3. DATA DAN METODOLOGI .....	104
<i>Volumetric-based SLAM untuk Lingkungan Outdoor</i> .....	105
<i>Deteksi Pohon dan Buah</i> .....	105
<i>Menggabungkan Peta Volumetrik dengan Keadaan Pohon</i> .....	106
4. HASIL PEMBAHASAN .....	107
<i>Hasil Pemetaan GMapping dan Deteksi Pohon</i> .....	108
5. KESIMPULAN .....	110
UCAPAN TERIMA KASIH .....	110
DAFTAR RUJUKAN .....	110
PROFIL PENULIS .....	112
<b>TEKNOLOGI PESAWAT TANPA AWAK UNTUK SISTEM PEMANTAUAN WILAYAH PERAIRAN INDONESIA (UNMANNED AERIAL VEHICLE</b>	

<b>TECHNOLOGY FOR INDONESIA MARITIME SURVEILLANCE SYSTEM)</b>		<b>113</b>
<b>ABSTRAK</b>		<b>113</b>
<b>ABSTRACT</b>		<b>113</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b>		<b>114</b>
<b>2. LANDASAN TEORI/ TINJAUAN PUSTAKA</b>		<b>115</b>
<i>Robot Operating System (ROS)</i>		<i>115</i>
<i>Pendeteksian Objek</i>		<i>116</i>
<i>Tracking Objek</i>		<i>116</i>
<b>3. DATA DAN METODOLOGI</b>		<b>118</b>
<i>Dataset</i>		<i>118</i>
<i>Sistem Pemantauan Laut Menggunakan UAV</i>		<i>119</i>
<i>AP Drone dan pendeteksian objek laut / kapal oleh UAV</i>		<i>120</i>
<i>Software Platform</i>		<i>121</i>
<b>4. HASIL PEMBAHASAN</b>		<b>121</b>
<b>5. KESIMPULAN</b>		<b>123</b>
<b>DAFTAR RUJUKAN</b>		<b>124</b>
<b>PROFIL PENULIS</b>		<b>126</b>

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah Tuhan Semesta Alam, atas semua limpahan rahmat dan nikmat-Nya, juga diawali dan salam kita sampaikan untuk Nabi Muhammad, manusia teladan sepanjang zaman. Atas perkenanNya, maka buku **Bunga Rampai Karya Penelitian di Indonesia** ini berhasil disusun. Buku yang peredarannya bersamaan dengan misi pengkajian Prof. Dr. Eng. Wina Jurnika, ST., M.Kom. sebagai Guru Besar pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia ini mencakup kajian pustaka dan hasil penelitian dalam bidang teknologi dan sains dengan penerapannya, serta masalah sosial, dengan mengaitkan pada kasus-kasus yang relevan dengan yang dihadapi bangsa Indonesia. Beberapa permasalahan yang diangkat dalam tulisan pada buku ini mencakup masalah produktivitas, layanan pemerintahan, variabilitas iklim, kesehatan reproduksi manusia, kemiskinan, lingkungan, dan antropologi. Buku yang terdiri terdiri dari tujuh bagian ini menyajikan paper-paper yang sejalan dengan beberapa tujuan dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang ditetapkan oleh PBB pada tahun 2015, juga dengan beberapa cita dalam nasacita yang mengislahkan program pemerintah.

Bagian pertama menyajikan bagaimana TIK mampu meningkatkan efisiensi dan elektrifikasi produksi dengan mengambil kasus produksi sawit. Hubungan antara konsep matematika, statistika, algoritma, serta mekanika dipakai untuk mengatasi permasalahan kompleks dalam budidaya sawit. Konsep matematika dan statistika mengenai proses stokastik memberi landasan teoritis dalam membangun robot, khususnya untuk lokalisasi robot, bangunan peta dan identifikasi fitur, serta diintegrasikan dengan algoritma *Robustic Semantic Simultaneous Localization and Mapping* (Semantic SLAM). Selanjutnya robot yang diidentifikasi untuk melakukan pemantauan tanaman sawit ini, dalam pengembangannya dilakukan dalam suatu simulasi menggunakan perangkat lunak simulasi Gazebo melalui *Robot Operating System* (ROS). Simulasi dilakukan dalam model 3D dengan target untuk deteksi pohon dan bush dengan informasi berupa peta volumetrik yang diperkaya dengan informasi khusus untuk pohon, dengan tingkat akurasi mencapai 74.80%. Dampak dari penelitian adalah dapat meningkatkan produksi rakyat khususnya sawit yang merupakan salah satu komoditi strategis dalam sektor pertanian, seperti yang tertera pada cita ke 6 dan 7 dari program nasacita yang dicantangkan pemerintah.

Bagian kedua memberikan satu contoh metodologi pembelajaran mesin sebagai sub sistem dalam model analisis risiko dampak variabilitas iklim terhadap produksi padi dengan mengambil kasus di Indragaya. Dalam hal ini informasi yang dihasilkan dari metode yang dipakai berupa peluang terjadinya kekeringan lahan sawah pada musim kemarau, Mei-Juni-Juli Agamis (MJJA) dengan hujan yang melebihi ambang batas lahan yang dianggap berbahaya. Oleh karena itu, informasi ini selanjutnya juga bisa menjadi masukan bagi stake holder yang terlibat untuk melakukan langkah-langkah mitigasinya untuk penanganan masalah terkait dengan iklim, sehingga risiko yang ada bisa dihindari atau diminimisir. Hal ini sesuai dengan tujuan ke 13 dalam dokumen SDGs. Metodologi yang dikembangkan meliputi: 1) analisis hubungan antara indeks iklim global (yang dalam hal ini diwakili dengan *Southern Oscillation Index*, SOI) dengan hujan dan lahan kekeringan MJJA di suatu wilayah, 2) analisis hubungan antara hujan dengan lahan kekeringan, serta 3) pemodelan distribusi gamma untuk pendekatan terhadap distribusi lahan kekeringan dan parameter distribusinya sebagai fungsi dari hujan. Teknik *Support Vector Regression* (SVR) diterapkan untuk memodelkan hujan MJJA sebagai fungsi SOI (dengan akurasi 0,76%), persamaan regresi untuk menghubungkan hujan

kekeringan dengan hujan (akurasi 0.775) juga untuk pendugaan parameter distribusi gamma (akurasi 0.824 untuk parameter bentuk dan 0.637 untuk parameter skala).

Bagian ketiga menyajikan teknik kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin untuk pemrosesan bahasa disertai dengan contoh-contoh hasil penelitian untuk permasalahan nyata, seperti penanganan keluhan masyarakat dan plagiarisme. Juga disebutkan adanya permasalahan nyata lainnya yang bisa ditangani dengan metode yang dibangun dalam pemrosesan bahasa, yaitu masalah misalnya *how analyzer* ataupun *intelligent tutoring system*. Input dalam sistem pemrosesan bahasa bisa berupa sinyal atau tahapan teks dari berbagai sumber. Sebagai contoh pada sistem penanganan keluhan masyarakat (yang dapat dimanfaatkan untuk *Customer Relationship Management*, CRM), input suara maupun teks dengan sumber meliputi Twitter, Facebook, laporan (ketuahan sistem lainnya), maupun dari media sosial lainnya. Ada tiga sub-modul dalam sistem penanganan keluhan ini, yaitu pendeteksian topik, identifikasi dasar dan deskripsi detail dari keluhan. Pada bagian ini juga disajikan perbandingan hasil dari beberapa teknik pengenalan, seperti *Naïve Bayes*, *SMD*, *Random Forest* dan *Support Vector Machine* (SVM), sedangkan untuk representasi menggunakan *Factor Space Model* (FSM), *Latent Semantic Analysis* (LSA), dan *Heuristic Retrieval* (HR). Teknik yang dibangun ini mendukung cita k2 dari nasacita, yaitu "Memenuhi pemerintah tidak absen dengan membangun tata kelola pemerintahan yang bersih, efektif, dan demokratis". Dengan adanya keluhan berbasis TIK dengan berbagai sumber dengan memanfaatkan teknik pengolahan bahasa alami, maka pengelola pemerintah dapat menjadi lebih mungah pada penyelenggaraan yang bersih, efektif dan demokratis.

Bagian keempat menyajikan permasalahan nyata dalam reproduksi yang ditangani dengan menerapkan teknik dalam kecerdasan komputasional untuk pengolahan citra guna pendeteksian sperma. Dalam bagian ini, memperkenankan *Deep Translucence* untuk ekstraksi citra dan beberapa model untuk pengolahan dan optimisasi, seperti *Semi-supervised Stochastic Approximate Monte Carlo* (SSAMC), *Conditional Random Field* (CRF) berbasis *Bag of Visual Words* (BoVW), dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Gabungan pengolahan citra dan kecerdasan komputasional tersebut dipergunakan untuk pelacakan sperma secara otomatis. Juga disajikan penerapan teknik tersebut untuk pemantauan embrio (monitoring dan penilaian kualitas), yang mana ini hal ini membantu dokter dalam memilih embrio yang akan ditransfer ke calon ibu, agar tingkat keberhasilan *In-Vitro Fertilization* (IVF, yaitu metode untuk membantu pasangan suami istri untuk mendapatkan keturunan) bisa meningkat tingkat keberhasilannya, yang sekarang baru sekitar 30-40%. Apa yang dijelaskan pada bagian ini sejalan dengan tujuan ke 3 dari SDGs, yaitu mengenai hidup sehat dan sejahtera.

Bagian kelima menyajikan bahasan yang sejalan dengan penanganan perubahan iklim melalui pengurangan laju proses nitrifikasi, yaitu zat amoni gas rumah kaca yang menjadi penyebab peningkatan suhu bumi. Penelitian difokuskan pada pengaruh penggunaan bahan pengikat nitrifikasi dalam menurunkan laju amoni gas rumah kaca khususnya gas Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O), yaitu salah satu penyumbang terbesar dalam pemanasan global. Penelitian yang dilakukan dalam skala laboratorium dan lapangan ini memperlihatkan bahwa pengikat nitrifikasi berbasis dengan pupuk nitrogen dapat menurunkan laju nitrifikasi, tanpa berpengaruh pada mikroba tanah. Analisa juga dikaitkan dengan aspek ekonomi pada halusnya jagung, yang memperlihatkan pertumbuhan tanaman jagung yang lebih baik, dengan didasari data empirik yang menunjukkan peningkatan margin keuntungan bagi petani.

Berbeda dengan bagian sebelumnya, bagian keenam menyajikan penelitian yg mengkaji tentang penggangg dari aspek hukum mengenai persimpangan karibali atau



menyentuh pengungsi dalam konteks hukum Indonesia. Pembahasan terdiri dari tiga hal, pertama membahas tentang hukum yang berkaitan dengan status pengungsi dan rakyat Indonesia. Kedua, tentang pengaturan hukum nasional Indonesia dalam memperlakukan para pengungsi selama periode penampungan kembali atau resettlement. Ketiga, disajikan nama proposal mengenai perubahan kebijakan nasional atas perlakuan terhadap pencari suaka yang telah mendapatkan status pengungsi selama menunggu proses penampungan kembali atau resettlement. Metode penelitian penelitian yang digunakan adalah yuridis normatif (mengaji doktrin, ketentuan-ketentuan dalam hukum internasional, konsep dan pendapat pakar dan peraturan perundang-undangan nasional terkait). Selain itu juga melakukan pengamatan langsung di lokasi-lokasi penampungan bagi para pengungsi yang telah mendapatkan status dari *United Nations High Commissioner for Refugees* di Indonesia (Jakarta, Medan, dan Kupang). Bagian akhir menyimpulkan bahwa hukum keimigrasian nasional Indonesia bukanlah erat dengan keberadaan pengungsi di Indonesia terutama Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2011 tentang Keimigrasian dan Peraturan Dirjen Jendral Imigrasi Nomor IMI-1489/UM/08.05 Tahun 2010 tentang Penempatan Imigran Ilegal.

Bagian terakhir menyajikan penelitian antropologi mengenai struktur, agen dan subagennya. Dalam bagian ini dideskripsikan mengenai jejak seorang peneliti dari Amerika, Clifford Geertz, di Kecamatan Pate (bagian dari Kabupaten Kediri) yang juga samudra dari Mojokerto. Deskripsi dari jejak penelitian yang dilakukan sampai pada kesimpulan bahwa struktur sebagai arena yang diorganisasi berulang-ulang, bisa dibentuk dan tindakan yang sama yang berulang-ulang oleh kelas pemerintah. Juga munculnya kesadaran sebagai akibat dari perpetaan dari tindakan yang berulang. Bahasan juga menunjukkan bahwa tindakan yang dilakukan Clifford Geertz dan penentunya memperlihatkan bukti empiris dari kesimpulan yang diartikan, yaitu dikembanya Kampung Inggris di Kecamatan Pate.

Berdasarkan sajian di dalamnya, buku ini diharapkan dapat bermanfaat bagi peneliti-peneliti bidang teknologi informasi untuk diplikasikan pada permasalahan nyata, seperti kesehatan, lingkungan, perkotaan, iklim, ekonomi, pemerintahan, hukum dan juga penelitian mengenai bagaimana kemanusiaan suatu budaya. Besar harapan penulis agar buku ini turut berkontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan di Indonesia serta bermanfaat dalam mewujudkan kehidupan masyarakat yang lebih baik. Akhirnya, tiada gading yang tak retak, untuk itu, kritik dan saran yang membangun kami terima dengan terbuka untuk kesempurnaan buku ini.

Depok, 13 Desember 2017

Tim Penulis

# **PENERAPAN BAHAN PENGHAMBAT NITRIFIKASI UNTUK MENGURANGI EMISI GAS NITROS OXIDA DAN PENINGKATAN PERTUMBUHAN TANAMAN**

## **(THE APPLICATION OF NITRIFICATION INHIBITORS TO REDUCE EMISSION GAS OF NITROUS OXIDE AND ENHANCE OF CROP GROWTH)**

**Oslan Jumadi**

Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Makassar  
Kampus UNM Parangtambung Jl.Daeng Tata Raya, Makassar. 90224  
[oslanj@unm.ac.id](mailto:oslanj@unm.ac.id)

### **ABSTRAK**

Pemanasan global telah memberi atensi masyarakat dunia untuk mengetahui proses-proses penyebabnya dan mencari solusi atau mitigasi sehingga pemanasan global dan dampaknya dapat ditangani atau diadaptasi. Termasuk dalam hal ini upaya pengurangan emisi gas rumah kaca yang diketahui sebagai penyebab peningkatan suhu bumi. Penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh penggunaan bahan penghambat nitrifikasi dalam menurunkan laju emisi gas rumah kaca khususnya gas *nitrous oxide* ( $N_2O$ ) yang merupakan salah satu penyumbang terbesar dalam pemanasan global. Kombinasi penelitian skala laboratorium dan lapangan dilakukan untuk melihat rate laju nitrifikasi dan produksi gas  $N_2O$ . Hasil memperlihatkan bahwa pemberian bahan penghambat nitrifikasi bersama dengan pupuk nitrogen dapat menurunkan laju nitrifikasi dengan pengurangan emisi gas  $N_2O$ , serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung dan sekaligus meningkatkan margin keuntungan bagi petani. Pemberian pupuk nitrogen bersama penghambat nitrifikasi mempengaruhi populasi nitrifiers dalam tanah, namun tidak mempengaruhi komunitas mikroba tanah.

Kata kunci: *Bahan penghambat nitrifikasi; Gas nitrous oxide; Pemanasan global; Jagung, Bakteri tanah*

### **ABSTRACT**

Global warming has been alerted people of the world to know its processes and to find out the mitigation solutions so that the global warming and its effects can be addressed or adapted. This includes the efforts to reduce greenhouse gases which are known as cause of increasing the earth temperatures. Studies have been conducted to examine the effect of application of nitrification inhibitors in reducing rate of greenhouse gas emissions, especially nitrous oxide ( $N_2O$ ), which is known as one of the main contributor to global warming. A Combination of laboratory and field-scale researches were conducted to determine the rate of nitrification and  $N_2O$  gas production. The results show that the applications of nitrification inhibitors together with nitrogen fertilizers can reduce the rate of nitrification as well as reducing  $N_2O$  gas emissions, increase the growth of corn crops and the profit margin to the farmers. Applying nitrogen fertilizer along with nitrification inhibitors affected the nitrifiers population in the soil, but did not affect the soil microbial communities.

Keywords: *Nitrification inhibitors; Gas nitrous oxide; Global warming; Corn; Soil microorganism*

## **1. PENDAHULUAN**

Dalam beberapa tahun terakhir, keperihatinan atas pemanasan global dan perubahan iklim telah memberi atensi masyarakat dunia untuk mengetahui proses-proses penyebab pemanasan global dan mencari solusi sehingga pemanasan global dan dampaknya dapat ditangani atau diadaptasi, termasuk studi dalam mengurangi atau mitigasi emisi gas rumah kaca yang diketahui sebagai penyebab peningkatan suhu bumi. Pemanasan global merupakan proses meningkatnya suhu permukaan bumi yang dipicu oleh peningkatan akumulasi emisi gas-gas rumah kaca (GRK). Secara teoritis, GRK di atmosfer bumi sangat penting karena gas tersebut membuat iklim bumi menjadi hangat dan stabil. Tanpa GRK di atmosfer, suhu permukaan bumi diperkirakan pada suhu  $-18^{\circ}C$ . Namun, karena berbagai aktivitas manusia, terutama proses industri, pertanian dan transportasi, menyebabkan GRK yang

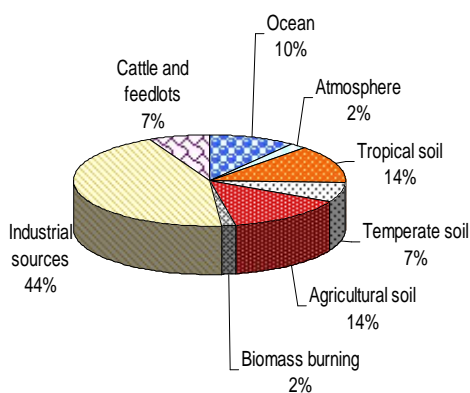
diemisikan ke atmosfer terus meningkat (gambar 1). Gejala ini juga diikuti oleh naiknya suhu air laut, perubahan pola iklim seperti naiknya curah hujan dan perubahan frekuensi dan intensitas badai, dan naiknya permukaan air laut akibat mencairnya es di kutub. Perubahan iklim ini diprediksi akan menyebabkan banyak kerugian bagi kehidupan manusia.

Presiden Republik Indonesia Bapak Joko Widodo telah menandatangani kesepakatan COP21 Paris, *United Nations Framework Convention on Climate Change Conference of Parties 21 (UNFCCC COP 21)* pada Desember tahun 2015, dimana bersama negara lainnya akan membatasi perubahan iklim hingga 1,5°C yang berasas dan bersifat *sustainable, balance and fair*. Di kesepakatan itu juga tercantum bahwa dalam lima tahun, negara-negara secara kolektif harus melaporkan kemajuan penurunan emisi karbon. Dalam konferensi tersebut Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon 29%, demi mencapai tujuan bersama, yakni menghentikan kenaikan suhu pemanasan bumi agar tidak melebihi 1,5°C dari suhu saat ini.

Gas-gas rumah kaca utama yang teridentifikasi di atmosfer adalah gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. GRKs tersebut dapat meneruskan radiasi gelombang pendek yang berasal dari sinar matahari, mampu menyerap dan memantulkan radiasi gelombang panjang balik yang berasal dari pancaran bumi yang bersifat panas, sehingga suhu atmosfer bumi meningkat. GRK yang memiliki potensi reaktif dan diemisikan akibat penggunaan lahan pertanian adalah gas N<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub>. Potensi gas N<sub>2</sub>O terhadap pemanasan global sebesar 296 kali lebih kuat dari CO<sub>2</sub> dan mempunyai waktu paruh di atmosfer selama 160 tahun. Sedangkan, gas CH<sub>4</sub> memiliki efektivitas pemanasan 23 kali lebih besar dibandingkan dengan CO<sub>2</sub> dengan waktu paruh 15 tahun (IPCC. 2001).

Peningkatan emisi gas rumah kaca dan pengaruhnya terhadap pemanasan global yang terjadi kurun waktu 50 tahun terakhir umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia. Sekitar 35% emisi gas rumah kaca disebabkan karena berbagai kegiatan disektor pertanian (gambar 1), seperti adanya perubahan/pengolahan alih fungsi lahan, pengairan dan pemupukan pada lahan tanah pertanian merupakan kegiatan manusia terbesar saat ini yang menyebabkan meningkatnya emisi gas rumah kaca baik berupa gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O.

Di tanah, gas N<sub>2</sub>O dihasilkan oleh mikroorganisme lewat proses nitrifikasi dan denitrifikasi (Paul dan Clark 1996). Watsuji et al. (2003) menambahkan bahwa denitrifikasi oleh jamur juga dapat menghasilkan gas N<sub>2</sub>O. Beberapa studi menunjukkan bahwa nitrifikasi merupakan sumber utama emisi N<sub>2</sub>O dari tanah (Nakajima et al. 1992, Inubushi et al 1996; Jumadi et al, 2005:2008). Oleh karena itu, nitrifikasi dalam tanah dianggap salah satu proses utama untuk meningkatkan tingkat N<sub>2</sub>O di atmosfer, dan bakteri pengoksidasi amonium (AOB) dan archaea pengoksidasi amonium (AOA) tampaknya menjadi penting dalam proses ini. Penambahan input senyawa nitrogen ke tanah akan meningkatkan emisi N<sub>2</sub>O. Tanah pertanian memberikan kontribusi sekitar 60% dari total N<sub>2</sub>O (2,8 GtCO<sub>2</sub>-eq) di atmosfer dan tanpa regulasi penurunan, diproyeksikan meningkat 35 - 60% pada tahun 2030. Trend peningkatan ini terjadi dalam kurun waktu pengamatan dari tahun 1990 – 2005 (IPCC 2007).



Gambar 1: Estimasi *individual sources of nitrous oxide gas* (N<sub>2</sub>O) (17.7 Tg N<sub>2</sub>O year<sup>-1</sup>) Mosier et al. 1998 (IPCC, 2001).

Gas N<sub>2</sub>O diproduksi di tanah atau air terutama lewat jalur nitrifikasi dan denitrifikasi. Produksi gas N<sub>2</sub>O dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan kimiawi tanah seperti kadar air, tekstur, tingkat difusi O<sub>2</sub>, suhu, ketersediaan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, substrat organik, dan pH (Davidson et al 1993; Inubushi et al 1996 dan 2003; Conrad 1996; Bollmann dan Conrad 1998; Tokuda dan Hayatsu 2000; Jumadi et al 2005). Tujuan penulisan artikel ini memaparkan pemanfaatan bahan penghambat nitrifikasi serta proses biologi dan mekanismenya sehingga terjadi pengurangan produksi atau emisi gas rumah kaca terutama gas *nitrous oxide* serta peningkatan pertumbuhan tanaman terutama komoditas jagung.

## 2. JALUR PRODUKSI GAS NITROUS OXIDE (N<sub>2</sub>O) OLEH MIKROORGANISME DAN MITIGASINYA

Nitrifikasi merupakan konversi amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ke nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) dan selanjutnya menjadi nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dimana produk sekundernya adalah gas *nitrous oxide* (N<sub>2</sub>O). Perubahan ini dilakukan oleh dua group prokariotik bakteri dan archaea yaitu bakteri-archaea pengoksidasi amonium (*ammonia oxidizing bacteria-archaea* (AOB/AOA)) dan bakteri pengoksidasi nitrit (*nitrite oxidizing bacteria* (NOB)). Umumnya strain AOB meliputi golongan β-



proteobacteria termasuk *Nitrosomonas* dan *Nitrosospira*. Studi menunjukkan AOB di tanah asam (pH rendah) didominasi oleh sekuen *Nitrosospira* (Hasting et al. 2000; Schmidt et al. 2007). Nitrifikasi dapat terjadi pada berbagai tanah hingga ber-pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> ~3 (De Boer dan Kowalchuk, 2001). Jumadi et al. (2005) melaporkan tanah dari perkebunan teh Malino yang lebih asam mempunyai laju nitrifikasi lebih tinggi dibanding dari tanah pohon pinus dan tanah lahan kentang, yang juga menunjukkan produksi N<sub>2</sub>O pada kebun teh lebih tinggi dibanding pada tanah pinus dan kentang. Namun, jumlah sel AOB yang terkandung di tanah teh lebih rendah dibanding dengan kedua tanah tersebut, yang kemungkinan merupakan kontribusi eukariotik fungi (jamur) yang menghasilkan gas N<sub>2</sub>O (Jumadi et al, 2005).

Pemakaian pupuk nitrogen untuk menunjang pertumbuhan pada tanaman komoditas seperti jenis teh telah memicu potensi tanah dalam menghasilkan gas N<sub>2</sub>O 60 kali lipat dibanding dengan lahan asal (hutan pinus) di Malino dan juga mempengaruhi populasi mikroba nitrifier dan denitrifer (Jumadi et al. 2005). Manajemen pemupukan yang berbeda pada perkebunan teh di Malino serta teh Puncak Bogor dan teh Shizuoka Jepang juga berdampak pada menurunnya keragaman jenis bakteri pengoksidasi ammonium atau AOB (*ammonia oxidizing bacteria*) namun potensinya dalam menghasilkan gas N<sub>2</sub>O ke atmosphere sangat tinggi (Jumadi et al. 2008b).

Bakteri pengoksidasi amonium (AOB) merupakan golongan bakteri yang berkontribusi besar dalam produksi gas N<sub>2</sub>O ini. AOB mengoksidasi ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) yang umumnya banyak terdapat pada pupuk urea, amonium, pupuk NPK, atau dari proses biologis seperti amonifikasi atau perubahan bahan organik yang mengandung protein atau peptide menjadi amonium. AOB akan mengubah NH<sub>4</sub><sup>+</sup> menjadi Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) lewat hydroxylamine (NH<sub>2</sub>OH) dalam proses penghasil energy. Proses katalisasi tahap pertama adalah pengikatan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> di membran sel oleh *ammonium monooxygenase* (AMO), dimana amoniak (NH<sub>3</sub>) dioksidasi menjadi NH<sub>2</sub>OH dengan reduksi molekul oksigen (O<sub>2</sub>). Proses tahap kedua adalah NH<sub>2</sub>OH dioksidasi menjadi nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) dengan O<sub>2</sub> sebagai terminal elektron aseptor.

Produksi gas N<sub>2</sub>O ini oleh AOB dilakukan dengan dua jalur yang berbeda yaitu yang pertama (i) Gas N<sub>2</sub>O sebagai hasil akhir oleh proses denitrifikasi AOB dengan NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sebagai terminal aseptor electron, yang diketahui juga sebagai jalur *nitrifier-denitrification*. Jalur ini juga merupakan urutan reduksi terarah dari NO<sub>2</sub><sup>-</sup> menjadi *nitric oxide* (NO) dan selanjutnya dikatalis oleh enzim *copper-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> reductase* (NirK) dan *haem-copper NO reductase* (NOR). Kelompok bakteri yang melakukan proses jalur pertama ini adalah *nitrifier-denitrification* yang teraktivasi dalam kondisi oksigen yang terbatas atau anaerobik.

Jalur kedua (ii) Gas N<sub>2</sub>O sebagai hasil samping dari oksidasi hydroxylamine (NH<sub>2</sub>OH) menjadi NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, yang diketahui sebagai jalur NH<sub>2</sub>OH. Jalur kedua ini melibatkan dekomposisi kimiawi dari *nitroxil radical* (NOH) atau reduksi secara biologi *nitric oxide* (NO) yang mana merupakan bentuk intermediate selama oksidasi NH<sub>2</sub>OH menjadi NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Produksi gas N<sub>2</sub>O lewat jalur NH<sub>2</sub>OH umumnya terjadi dalam kondisi aerobik yang umum dilakukan oleh bakteri kelompok *nitrifer*.

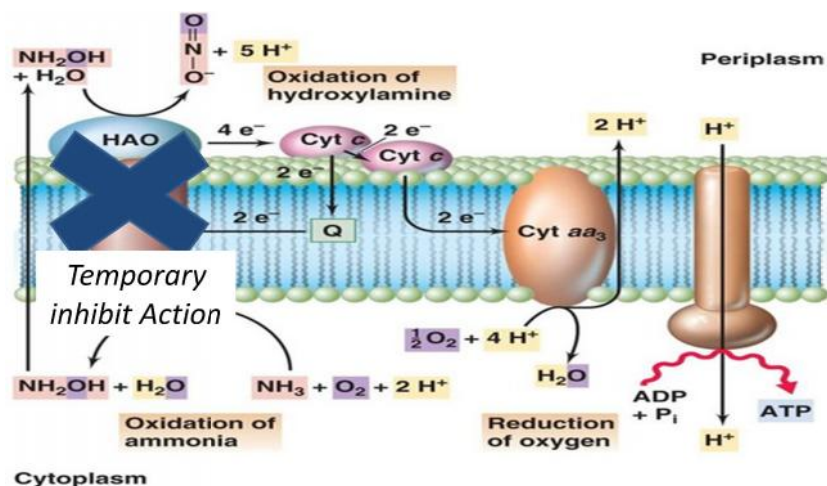
Teknologi mitigasi pengurangan gas-gas rumah kaca sebagai akibat dari pemakaian pupuk nitrogen telah banyak dilaporkan, seperti teknologi pelapisan pupuk (*control release fertilizer*) atau pengontrolan pengeluaran unsur pupuk secara bertahap dan penghambat proses nitrifikasi (*nitrification inhibitor*) yang mempunyai efek represi pada proses nitrifikasi. Dengan penghambatan proses katalisasi tahap pertama yaitu *ammonium monooxygenase* (AMO), sehingga amoniak (NH<sub>3</sub>) akan berhenti dioksidasi atau proses lambat katalisasinya terhalang/terhambat menjadi NH<sub>2</sub>OH (gambar 2).

Minami (1994) telah mengevaluasi beberapa jenis bahan sintetik kimia yg mempunyai daya penghambat nitrifikasi seperti AM (2-amino 4-chloro 6-methyl pyrimidine), ST (2-sulfanilamide thiazone), DCS (N-2,5-dichlorophenyl succinamic acid) dan ASU (1-amino 2-thiourea). Namun, hingga saat ini jenis penghambat yang diperdagangkan adalah jenis DCD (*dicyandiamide*), nitrapiryn dan CCC (*wax-coated calcium carbide*) (Mosier,1996). Namun, karena masalah harga yang cukup mahal bagi petani menyebabkan penggunaan penghambat nitrifikasi ini tidak menguntungkan bagi petani di Indonesia dan tidak populer dibanding dengan negara-negara maju (Jumadi, 2009). Sehingga perlu alternatif mencari senyawa yang memiliki penghambatan yang sama namun mudah dalam penyediaannya dan murah dibanding dengan bahan sintetik.

Bahan alami yang diketahui mempunyai daya represi adalah triterpenes dan azardic yang terdapat dalam biji mimba atau *Neem* (*Azardirachta indica* L) (Sharma and Prasad, 1996; Jumadi et al, 2011), serta bahan saponin yang terdapat pada bungkil teh (*Camelia sinensis* L) yang memiliki aglikon berupa steroid dan triterpen yang dapat menekan produksi gas metana (CH<sub>4</sub>) (Guo et al, 2008; Eckard et al, 2010). Hasil penelitian kami yang telah dilakukan dalam kurun waktu 2009 – 2015 baik dalam skala laboratorium, maupun skala pot dan lapangan, menunjukkan bahwa pemberian bungkil mimba bersama urea efektif dalam menekan laju nitrifikasi, yang berarti mempunyai potensi dalam pemberian pupuk yang efisien bagi tanaman. Indikator dapat dilihat dari pertumbuhan yang baik pada tanaman jagung yang diberi bahan mimba bersama urea (Jumadi et al, 2012;2015).

Di India, penelitian mengenai efek penghambatan tersebut telah diuji secara ilmiah pada berbagai jenis tanaman pokok yang membutuhkan unsur nitrogen yang cukup banyak, misalnya gandum dan jagung (Majumdar et al. 2002; Malla et al. 2005; Sharma dan Prasad, 1996). Efektifitas mimba (*neem*) dalam menghambat proses nitrifikasi dapat berlangsung hingga sekitar 4 mingguan yang tergantung terhadap kondisi, jenis dan suhu tanah serta tanaman (Majumdar et al. 2004; Jumadi et al. 2009; Hala et al. 2011).. Penelitian skala pilot tanaman jagung di lahan percobaan Biologi FMIPA UNM menunjukkan adanya represi fluks  $N_2O$  dengan penambahan bahan penghambat nitrifikasi sintetik dicyandiamide (DCD) (Tabel 1). Dobbie dan Smith (2003) melaporkan kombinasi urea+DCD efektif menekan nitrifikasi pada suhu tanah sekitar 15-20 °C dan merekomendasikan penggunaan urea+DCD efektif untuk mengurangi emisi  $N_2O$ . Penelitian yang sama dilakukan di Banjarmasin, Kalimantan Selatan ditipikal tanah bergambut, juga menunjukkan kombinasi bahan penghambat nitrifikasi dapat menekan laju nitrifikasi dan pelepasan  $N_2O$  ke atmosphere. Hasil ini juga memperlihatkan bahwa penambahan DCD pada urea dapat meningkatkan hasil panen jagung dan mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh emisi  $N_2O$ .

Penggunaan urea+DCD juga mengurangi biaya tenaga kerja karena aplikasi pemupukan dilakukan basal tunggal (sekali pemupukan). Selain itu, DCD dapat meminimalkan kerugian karena *leaching* (lepasnya  $NO_3^-$  dari tanah), menghindari stres tanaman dan meningkatkan kerentanan terkait infeksi jamur pada tanaman (Amberger 1989). Oleh karena itu, penggunaan urea+DCD dapat dianggap sebagai opsi terbaik mitigasi untuk emisi  $N_2O$  dari ladang jagung di Kalimantan, Indonesia (Hadi et al, 2008).



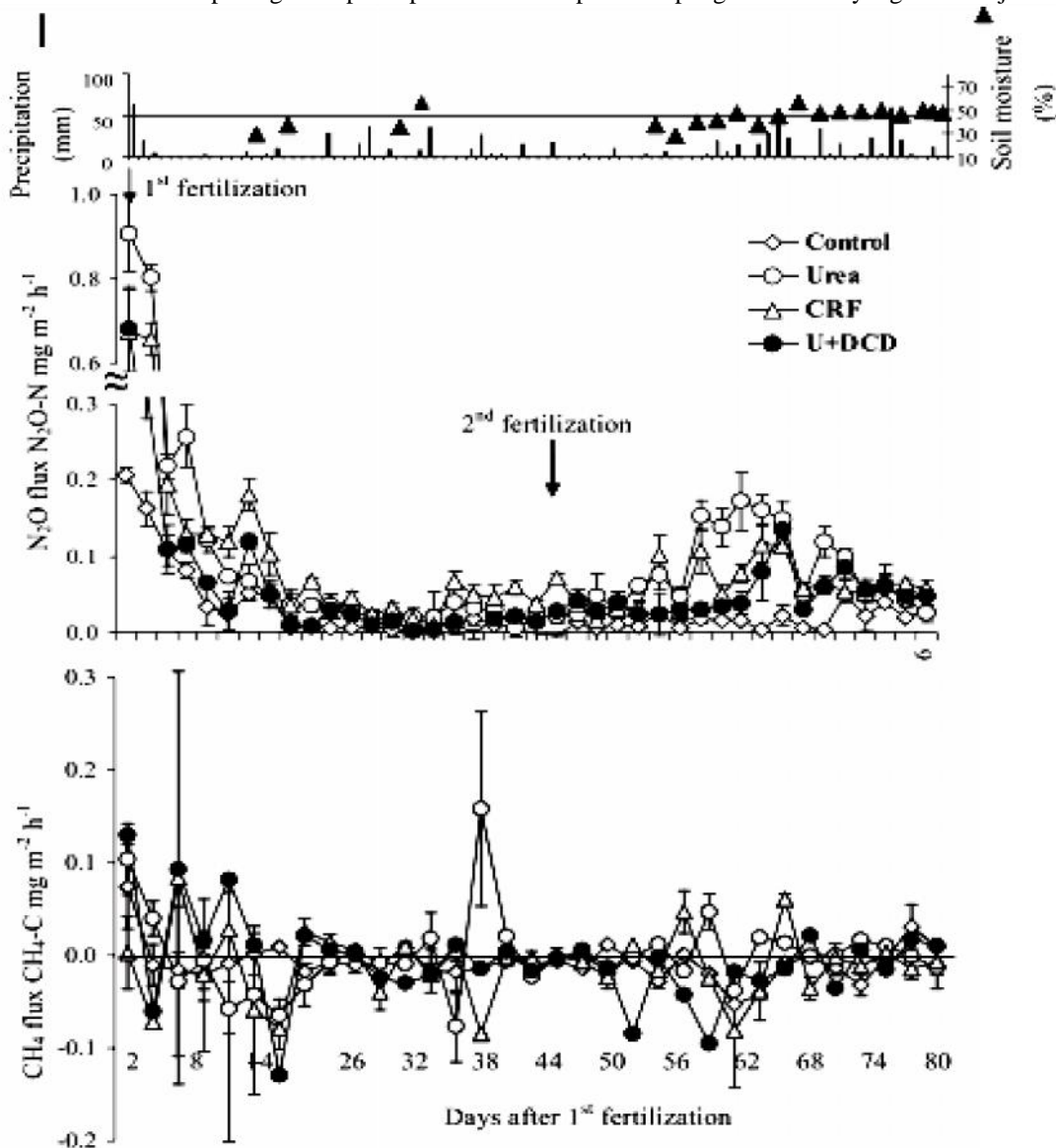
Gambar 2. Hipotesis mekanisme penghambatan katalisasi amonia menjadi hydroxylamine ( $NH_2OH$ ) sehingga produksi gas  $N_2O$  dapat ditekan atau dihambat (adapted; Arp and Stein 2003).

Tabel 1. Total emisi  $N_2O$  ( $kg\ N_2O-N\ ha^{-1}\ tanam^{-1}$ ), faktor emisi (EF,%) dan persentase penurunan emisi  $N_2O$  dengan penambahan nitrifikasi inhibitor, DCD (%) (Jumadi et al 2008).

Treatments	$N_2O$ Emission	Emission Factor (EF)	Reduction (%)
Control	0.42	-	-
Urea	1.87	1.61	-
Control Release Fertilizer-LP30	1.7	1.42	11.72
Urea+DCD	1.06	0.71	57.04

Terdapat korelasi positif antara kumulatif emisi  $\text{N}_2\text{O}$  dan sel bakteri pengoksidasi amonium (AOB) pada hari ke-64 setelah pemberian pupuk nitrogen ( $R^2 = 0,854$ ,  $P < 0,05$ ) (Gambar 4). Namun, jumlah sel AOB ini tidak berbeda nyata pada awal-awal pemberian pupuk dilakukan (awal tanam), yang kemungkinan disebabkan *lag phase* (pertumbuhan adaptasi) dan juga sel AOB memiliki karakteristik pertumbuhan lambat (data tidak ditampilkan). Hasil ini juga dilaporkan oleh Martikainen (1985) yang melaporkan bahwa jumlah sel AOB dan NOB di tanah hutan pinus meningkat perlahan setelah pemberian urea atau urea kombinasi dengan apatit + biotit dan mikronutrient. Selain itu, juga terlihat adanya korelasi antara jumlah AOB dan kandungan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) di tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan bahan penghambat nitrifikasi tidak mengurangi hasil panen (Hadi et al, 2010; Jumadi et al, 2012:2015). Urea bergranul bahan penghambat nitrifikasi sebagai upaya penghambat nitrifikasi telah direkomendasi digunakan dengan proporsi tertentu dalam intensifikasi pertanian atau perkebunan untuk meminimalis resiko nitrogen lepas ke lingkungan. Di harapkan teknologi granulasi urea berbahan penghambat nitrifikasi dapat menghasilkan efisiensi pemakaian pupuk nitrogen (urea) bagi petani di Indonesia dan pada akhirnya akan membantu dalam peningkatan pendapat mereka dan produksi pangan nasional yang berkelanjutan.

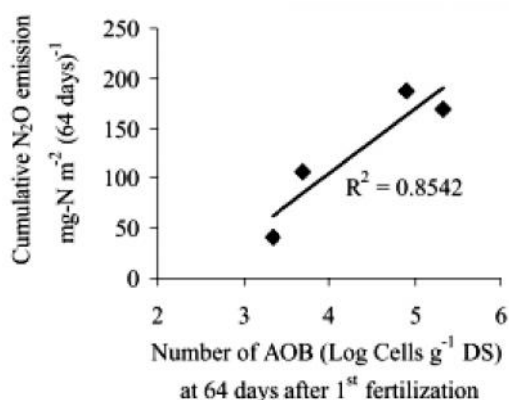


Gambar 3. Perubahan curah hujan, kelembaban tanah, emisi  $\text{N}_2\text{O}$ , dan fluks  $\text{CH}_4$  dari lahan jagung dipengaruhi oleh pupuk nitrogen yang berbeda selama tanam. Garis vertikal menunjukkan standar deviasi (Jumadi et al 2008).



Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), amonium berbentuk kation akan tertahan oleh partikel tanah yang bermuatan negatif sehingga relatif stabil dalam tanah. Sebaliknya  $\text{NO}_3^-$  yang berbentuk anion bersifat lebih *mobile* dan tidak ditahan oleh partikel tanah sehingga mudah lepas/hilang terbawa limpasan air permukaan dan atau hilang teruapkan dalam bentuk gas  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , dan  $\text{N}_2$  (dinitrogen) melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi secara sinergis. Ketersediaan  $\text{NO}_3^-$  dalam tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan laju denitrifikasi.  $\text{NO}_3^-$  sangat tidak stabil pada kondisi tanah tergenang, yang dalam beberapa hari setelah penggenangan  $\text{NO}_3^-$  akan hilang sebagai gas  $\text{N}_2\text{O}$  dan  $\text{N}_2$  melalui denitrifikasi. Proses denitrifikasi menghasilkan gas  $\text{N}_2\text{O}$  dalam kondisi anaerob. Beberapa bakteri denitrifikasi menggunakan  $\text{O}_2$  dan  $\text{NO}_2^-$  secara simultan sebagai akseptor electron.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk penghambatan proses nitrifikasi dengan menggunakan bahan penghambat nitrifikasi organik yaitu ampas mimba (*Azadirachta indica* L) dan senyawa sintetik dicyandiamide (DCD), serta zeolite (*slow release*). Hasilnya menunjukkan bahwa gas  $\text{N}_2\text{O}$  tertinggi dihasilkan oleh urea tanpa bahan penghambat nitrifikasi. Penelitian lain dengan dikombinasi dengan zeolite sebagai *slow release*, menunjukkan emisi gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  tertinggi dihasilkan oleh pupuk urea granule (kontrol positif) sedangkan perlakuan kontrol (kontrol negatif) menghasilkan gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  terendah. Mitigasi ini memperlihatkan terjadi penurunan pelepasan gas rumah kaca sekitar 20-30% pada pupuk urea yang digranulasi dengan penghambat nitrifikasi alami ampas mimba (*neem*) dan sintesis (dicyandiamide) masing-masing dengan kombinasi zeolite. Penelitian yang telah kami lakukan menunjukkan bahwa mikroorganisme yang menghasilkan gas rumah kaca ini yaitu bakteri pengoksidasi amonium (AOB) dan bakteri pengoksidasi nitrit (NOB) secara hitung most probable number (MPN), jumlah selnya tidak berpengaruh terhadap pemberian bahan penghambat nitrifikasi baik penggunaan ampas atau ekstrak minyak mimba dan dicyandiamide. Hal ini kemungkinan dalam masa *short exposure* penyediaan unsur nitrogen terhadap bahan penghambat digunakan oleh kedua bakteri tersebut untuk bermetabolisme dan memperoleh energi (ATP) dan cukup untuk menjaga kestabilan pertumbuhan kedua bakteri tersebut.



Gambar 4. Hubungan antara fluks  $\text{N}_2\text{O}$  kumulatif dan AOB (amonia bakteri pengoksidasi) menghitung 64 hari setelah pemupukan pertama (Jumadi et al. 2008).

Opsi mitigasi atau upaya penurunan gas-gas rumah kaca ini akan berhasil apabila dapat diterapkan atau diterima pada tataran petani, yang umumnya akan mengharapkan hasil panen mereka nanti setidaknya tidak mengurangi margin keuntungan dari usaha tanam. Penghambatan laju nitrifikasi merupakan salah satu opsi mitigasi gas rumah kaca tanpa menurunkan pertumbuhan dan dapat meningkatkan margin petani. Dampak reaksi penghambatan ini adalah bahwa unsur nitrogen ( $\text{NH}_4^+$  atau  $\text{NO}_3^-$ ) dapat diserap secara efisien oleh tumbuhan dan mengurangi terbentuknya gas  $\text{N}_2\text{O}$  atau lepasnya nitrat  $\text{NO}_3^-$  yang merupakan unsur polusi lingkungan (Jumadi et al. 2008; Hadi et al. 2008).

Berdasarkan dari hasil penelitian juga telah kami lakukan bekerjasama dengan Balai Penelitian Serelia (Balitserelia), Maros, memperlihatkan bahwa pemberian berbagai tipe pupuk dengan bahan penghambat nitrifikasi mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Terlihat dari meningkatnya pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, kandungan klorofil dan diameter batang) dari minggu ke minggu dengan ukuran yang berbeda pada setiap perlakuan. Data yang diperoleh menunjukkan pertumbuhan tanaman jagung yang diberi pupuk urea kombinasi mimba sebagai bahan penghambat nitrifikasi organik menunjukkan pengaruh yang lebih baik dibanding dengan perlakuan urea tanpa bahan penghambat nitrifikasi (Jumadi et al. 2016).

Pertumbuhan tanaman yang baik sangat dipengaruhi oleh pasokan nitrogen yang tersedia, karena unsur nitrogen menstimulasi pembentukan klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis dan sintesis protein yang akan berdampak pada pertumbuhan tanaman yang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian urea granulasi

dengan kombinasi zeolit dan penghambat nitrifikasi berpengaruh terhadap hasil panen tanaman jagung, pada berat tongkolnya (Jumadi et al. 2016).

Pengaruh tersebut ditunjukkan oleh perbedaan nyata berat tongkol tanaman jagung antara perlakuan kontrol dengan keenam perlakuan lainnya. Perlakuan kontrol memiliki berat tongkol terendah diantara semua perlakuan. Rendahnya berat tongkol jagung pada perlakuan kontrol disebabkan oleh kurangnya unsur nitrogen yang diserap oleh tanaman tersebut. Pupuk nitrogen mempunyai efek yang paling menonjol pada tanaman karena nitrogen cenderung meningkatkan pertumbuhan, memberikan warna hijau pada daun, dan memperbesar tongkol (biji) serta meningkatkan kandungan protein. Lebih lanjut dikemukakan, bahwa kekurangan unsur nitrogen pada tanaman akan menampakkan gejala warna kuning pada daun, biji mengerut dan bobot buah rendah (Sharma and Prasad, 1996).

Penelitian pertumbuhan dan analisa ekonomi usaha tani jagung manis dalam skala satu hektar telah juga dilakukan di Kebun Percobaan Balitserelia di Bajeng, yang menunjukkan pendapatan (*income*) petani per bulan untuk satu hektar, tertinggi pada kombinasi pupuk granul urea dengan kombinasi zeolite dan ampas mimba dengan hasil pendapatan sebesar Rp. 8.704.519,00/hektar untuk setiap bulannya, sedangkan dengan hanya menggunakan urea granule mendapatkan margin sebesar Rp. 8.428.317,00/hektar (Tabel 2) sehingga terdapat selisih pendapatan sebesar Rp. 276.200,00/hektar (Jumadi et al., 2016). Analisis dilakukan dengan menghitung seluruh biaya yang dikeluarkan selama proses tanam yang meliputi biaya bibit, pengairan, perawatan, pupuk, insektisida, dan tenaga kerja.

Tabel 2. Analisa Usaha Tani Jagung Manis KP. Bajeng (Jumadi et al. 2016)

Kombinasi Perlakuan	Rata-rata Income Petani/bulan
Kontrol ( <i>non nitrogen</i> )	Rp. -1.186.957,00
Urea Granul	Rp. 8.428.317,00
Urea ampas mimba Granul	Rp. 8.023.689,00
Urea Zeolit Granul	Rp. 7.257.388,00
Urea Zeolit+ampas mimba Granul	Rp. 8.704.519,00

### 3. KESIMPULAN

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa penghambatan nitrifikasi dapat menekan laju produksi atau emisi gas rumah kaca khususnya nitros oksida serta meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama jagung, sehingga dapat memberi margin keuntungan bagi petani. Kombinasi pupuk nitrogen bersama penghambat nitrifikasi dapat menjadi salah satu opsi untuk mitigasi emisi atau produksi gas nitrous oxide dari lahan pertanian. Pupuk nitrogen bersama penghambat nitrifikasi mempengaruhi populasi nitrifiers dalam tanah, namun tidak berefek pada komunitas mikroba tanah.

### 4. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas beberapa skim hibah penelitian dari Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Jepang, Kementerian Pertanian RI, serta dukungan fasilitas sarana prasarana dari Universitas Negeri Makassar dan Balai Penelitian Tanaman Serelia Maros. Terima kasih kepada Prof. Kazuyuki Inubushi, Prof. Yusminah Hala, Dr. R. Neni Iriani, Dr. A. Takdir Makkulawu, Dr. St. Fatmah Hiola, Hartono, M.Biotech, serta seluruh mahasiswa Biologi FMIPA UNM yang telah turut ambil bagian dalam melakukan penelitian ini, terima kasih banyak atas kerjasama yang sangat baik, serta dedikasinya dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan.

### DAFTAR RUJUKAN

- Amberger A. 1989: Research on DCD as a nitrification inhibitor and future outlook. Comm. Plant Soil Anal. 20: 1933-1955.
- Arp JD, and Stein LY. 2003. Metabolism of inorganic N compounds by ammonium-oxidizing bacteria. Critic. Rev. Biochem. Mol. Biol. 38: 471-495.
- Di HJ and Cameron KC 2006: Nitrous oxide emissions from two dairy pasture soils as affected by different rates of a fine particle suspension nitrification inhibitor, dicyandiamide. Biol. Fertil. Soils, 42, 472–480.

- Firestone, MK, and EA Davidson. 1989. Microbiological basis of NO and N<sub>2</sub>O production and consumption in soil: in Andreae MO, Schimel DS eds. Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere. New York: John Wiley & Sons. pp.7–21.
- German-Bauer MP and Amberger A. 1989. Degradation of the nitrification inhibitor 1-amidino-2-thiourea in soils, and its action in *Nitrosomonas* pure culture and soil incubation experiments. Fert. Res. 19: 13-19.
- Hadi A, Jumadi O, Inubushi K, Yagi K. 2008. Mitigation options for N<sub>2</sub>O emission from a corn field in Kalimantan, Indonesia. Soil Sci Plant Nutr. 54: 644–649 5.
- Hala Y, Jumadi O, Muis A, and Hartati, 2011. Development of Urea Coated with Neem (*Azadirachta indica*) to Increase Fertilizer Efficiency and Reduce Greenhouse Gases Emission. Universiti Teknologi Malaysia: Jurnal Teknologi. Vo.69:5.
- Hasting RC, Butler C, Singleton I, Saunders JR, McCarthy AJ. 2000. Analysis of ammonia-oxidizing bacteria populations in acid forest soil during conditions of moisture limitation. Letter Appl Microbiol 30: 14-18.
- Inubushi K, Goyal S, Sakamoto K, Wada Y, Yamakawa K, Arai, Y. 2000. Influence of application of sewage sludge compost on N<sub>2</sub>O production in soils. Chemosphere-Global Change Sci. 2: 329-334.
- Inubushi K, Naganuma H, Kitahara, S. 1996. Contribution of denitrification and autotrophic and heterotrophic nitrification to nitrous oxide production in andosols. Biol Fertil Soils 23: 292-298.
- Inubushi K, Furukawa Y, Hadi A, Purnomo E and Tsuruta H. 2003. Seasonal change of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in relation to land-use change in tropical peat lands located in coastal area of south Kalimantan. Chemosphere. 52: 603 – 608.
- Inubushi K, Ookubo A, Jumadi O, Murata Y Noda K, Yagi, K. 2005. Impact of fertilizer management on nitrous oxide emission from Japanese pear orchard field. Contributed Papers of 3<sup>rd</sup> International Nitrogen Conference.[Zhaoliang Z, Minami K, Xing G and Li Feng (Eds)]. Science Press, USA. pp 701-706.
- IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change). 2007. Summary for policymakers. In: Climate Change 2007: The physical Science Basis. Contribution of working group I to fourth assessment report of IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernment Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Groggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- Jordan FL, Cantera JJ, Fenn ME, Stein LY. 2005. Autotrophic ammonia-oxidizing bacteria contribute minimally to nitrification in a nitrogen-impacted forested ecosystem. Appl Environ Microbiol 71: 197–206.
- Jumadi O, Hala Y, Inubushi K. 2005. Production and emission of nitrous oxide and responsible microorganisms in upland acid soil in Indonesia. Soil Science and Plant Nutrient. 51 (5): 693-696.
- Jumadi O, Hala Y, Muis A, Ali A, Palennari M, Yagi K, Inubushi K. 2008a. Influences of chemical fertilizers and a nitrification inhibitor on greenhouse gas fluxes in a Corn (*Zea mays* L.) field in Indonesia. Microbes Environ. 23: 29-34.
- Jumadi O, Hala Y, Anas I, Ali A, Sakamoto K, Saigusa M, Yagi K and Inubushi K. 2008b. Community structure of ammonia-oxidizing bacteria and their potential to produce nitrous oxide and carbon dioxide in acid tea soils. Geomicrobiology Journal. Vol. 25: p. 381-389.
- Jumadi O. 2009. Impact of land management practices on greenhouse gases emissions and microbial communities structure. A Doctoral Thesis “Graduate School of Science and Technology” division of Advance Bioresources Science, Chiba University. Japan.
- Jumadi O, Hala Y, Muis A. 2011. Potensi mimba sebagai bahan penghambat nitrifikasi dalam menekan pemakaian pupuk urea serta penurunan gas N<sub>2</sub>O. Prosiding, Seminar Nasional Sains. FMIPA-IPB, Bogor.
- Jumadi O, Ali A, Hala Y, Muis A, Yagi, Inubushi K. 2012. Effect of Controlled Water Level on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O Emissions from Rice Fields in Indonesia. Tropical Agriculture and Development. Vol. 56:4.
- Jumadi O and Inubushi K. 2012. Methane and Nitrous Oxide Production and Community Structure of Methanogenic Archaea in Paddy Soil of South Sulawesi, Indonesia. Microbiology Indonesia. Vol. 6:3.
- Jumadi O, Hala Y, Hiola SF, Hartono, Takdir A, Iriany N. 2014, 2015, 2016. Teknologi granulasi pupuk nitrogen dengan bahan penghambat nitrifikasi untuk meningkatkan produksi jagung secara efisien dan mengurangi emisi gas rumah kaca Penelitian MP3EI, DP2M. Kemenristekdikti.
- Jumadi O, Hartono, Masniawaty Z, Takdir A, Iriany N. 2015. Sistem Pertanian Rendah Emisi Karbon dengan Pengintegrasian *Intermitted Drainage* dan Pupuk Berpenghambat Nitrifikasi yang Lepas lambat . Penelitian kerjasama kemitraan penelitian dan pengembangan pertanian nasional (KKP3N). Kementerian Pertanian RI.



- Jumadi O, SF Hiola, Hala Y. 2014. Influence of Azolla (*Azolla microphylla* Kaulf.) compost on biogenic gas production, inorganic nitrogen and growth of upland kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk.) in a silt loam soil. *Soil Science and Plant Nutrient*. 60 (5), 722-730.
- Jumadi O. 2013. Effect of Nitrification Inhibitor on Population Size of Ammonia Oxidizing Bacteria quantify by a Real-Time PCR. A report, Fulbright and Dikti Award for Recharging Program.
- Kowalchuk, GA and Stephen JR. 2001. Ammonia-oxidizing bacteria: model for molecular microbial ecology. *Ann Rev Microbiol*. 55: 485-529.
- Kowalchuk GA, Bodelier PLE, Heilig GHJ, Stephen JR, Laanbroek HJ. 1998. Community analysis of ammonia-oxidising bacteria, in relation to oxygen availability in soils and root-oxygenated sediments, using PCR, DGGE and oligonucleotide probe hybridization. *FEMS Microbiol Ecol*. 27: 339-350.
- Kowalchuk GA, Stienstra AW, Heilig GH, Stephen JR, Woldendorp JW. 2000. Molecular analysis of ammonia-oxidising bacteria in soil of successional grasslands of the Drentsche (The Netherlands). *FEMS microbiol Ecol*. 31: 207-215.
- Kowalchuk GA, Stephen JR. 2001. Ammonia-oxidizing bacteria: a model for molecular microbial ecology. *Annu Rev Microbiol*. 55: 485-529.
- Le Mer J, and Roger P. 2001. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soil: A review. *Eur. J. Soil Biol*. 37: 25 –50.
- Majumdar D, Pathak H, Kumar S, Jain MC. 2002. Nitrous oxide emission from a sandy loam inceptisol under irrigated wheat in India as influenced by different nitrification inhibitors. *Agri. Ecosys. Environ*. 91: 283-293.
- Majumdar D, Pandya, Arora A, Dhara S. 2004. Potential use of Karanjin (3-Methoxy Furano-2',3',7,8 Flavone). *Arch. Agron and Soil Sci*. 55: 455 – 465.
- Malla G, Bhatia A, Pathak H, Prasad S, Jain N, Singh J. 2005. Mitigating nitrous oxide and methane emission from soil in rice-wheat system of the Indo-Gangetic plain with nitrification and urease inhibitors. *Chemosphere* 58: 141-147.
- Matsuba D, Takazaki Y, Sato Y, Takahashi, Tokuyama T, Wakabayashi K. 2003. Susceptibility of ammonia Oxidizing Bacteria to Nitrification Inhibitors. *Zeitschrift fur Naturforschung C. A Journal of Biosciences*. 58:282-287.
- Mosier AR and Kroeze C. 2000. Potential impact on the global atmospheric N<sub>2</sub>O budget of the increased nitrogen input required to meet future global food demands. *Chemosphere-Global Change Sci*. 2:465-473.
- Prasad R and Power JF 1995. Nitrification inhibitor for agriculture, health and the environment. *Adv. Agron* 54:233-281.
- Schmidt CS, Hultman KA, Robinson D, Killham K, Prosser JI. 2007. PCR profiling of ammonium-oxidizer communities in acidic soils subjected to nitrogen and sulphur deposition. *FEMS Microbiol. Ecol* 61. 305-316.
- Sharma SN and Prasad R. 1996. Use of nitrification inhibitor (neem and DCD) to increase N efficiency in maize-wheat cropping system. *Fertilizer research* 44:169 – 175.
- Shoji S, Gandeza AT. 1992: Controlled-Release Fertilizer with Polyolefin Resin Coating: Development, Properties and Utilization. Konno Printing, Sendai.
- Tokuda S and Hayatsu M. 2000. Nitrous oxide production from strong acid tea field soils. *Soil Sci Plant Nutr*. 46: 835-844.
- Tokuda S and Hayatsu M. 2004. Nitrous oxide flux from a tea field amended with a large amount of nitrogen fertilizer and soil environmental factors controlling the flux. *Soil Sci Plant Nutr*. 50: 365-374.
- Watsuji TO, Takaya N, Nakamura A, Shoun H. 2003. Denitrification of nitrate by the fungus *Cylindrocarpum tonkinense*. *Biosci Biotechnol Biochem*. 67: 1115-1120.
- Zaman M, Matsushima M, Chang SX, Inubushi K, Nguyen L, Goto S, Kaneko F, Yoneyama T. 2004. Nitrogen mineralization, N<sub>2</sub>O production and soil microbiological properties as affected by long-term application of sewage sludge compost. *Biol Fertil Soils* 40: 101-109.

## PROFIL PENULIS



Nama : **Oslan Jumadi**

Sejak tahun 1997 hingga saat ini adalah dosen pada Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Makassar (UNM). Menerima fungsional Profesor sejak Maret 2016 pada bidang Ilmu Biologi. Fokus bidang penelitian berkaitan dengan proses biokimia tanah terutama proses-proses yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah pada siklus nitrogen dan karbon (*Understanding responsible organisms in the nitrogen and carbon cycles of soil systems - from cells to ecosystem processes*). Pendidikan S1 Prodi Biologi (Thn. 1995) di Universitas Hasanuddin, Jenjang S2 dan S3 pada bidang Bioresources di *Chiba Univeristy* dengan Program Beasiswa *Monbukagakusho* Jepang (Thn. 2003-2009). Lahir pada 16 Oktober 1970 di Kota Pare Pare, Sulawesi-Selatan.